



---

## Trabalho Prático 4

### *Medição de Tempo de Reação*

---

**ARQUITETURA DE COMPUTADORES**

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELETRÓNICA E DE  
TELECOMUNICAÇÕES E COMPUTADORES

Maio de 2023

## 1 Objetivos

Este trabalho tem como principal objetivo a exploração do hardware envolvente de um processador no desenvolvimento de programas escritos em linguagem *assembly*. Estão envolvidos os seguintes tópicos: entrada e saída de dados, temporização, interrupções externas, organização de programas em rotinas e implementação de máquinas de estados em software.

## 2 Descrição do trabalho a realizar

Pretende-se o desenvolvimento do protótipo de um sistema embebido baseado no processador P16 para medir o tempo de reação simples [2] de pessoas. Para tal, o sistema conta o tempo que medeia entre a ativação de um estímulo visual e a resposta do utilizador. O resultado apresentado pelo sistema consiste na diferença, em milissegundos, entre o tempo medido e o tempo de reação médio de um ser humano a um estímulo visual simples, estabelecido em, aproximadamente, 200 milissegundos [2].

## 3 Arquitetura do protótipo

O protótipo a desenvolver deverá ser implementado recorrendo às placas SDP16 [3] e ATB e ao circuito Pico Timer/Counter (pTC) [1], conforme ilustrado na Figura 1.

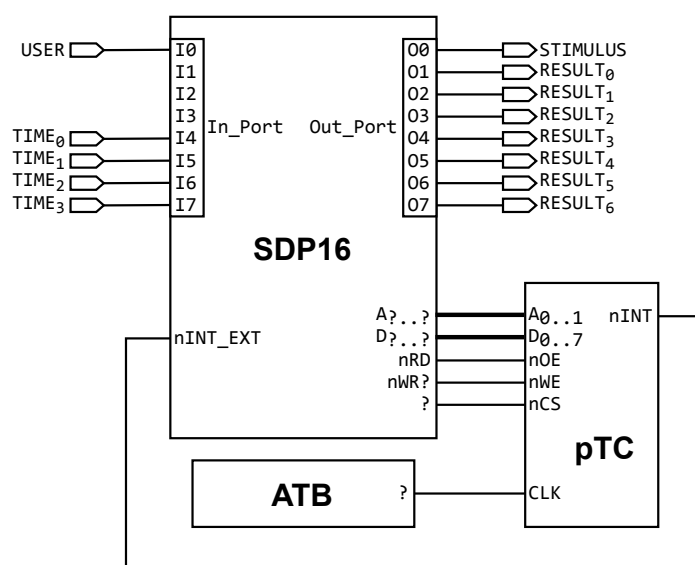


Figura 1: Diagrama de blocos do sistema a desenvolver.

Nesta implementação, o interruptor zero do DIP-switch 'SW1' instalado na placa SDP16 será utilizado para definir o valor da entrada **USER**, que estabelece a interação com o utilizador para iniciar os testes e recolher as respostas. Já o tempo de estímulo visual para a realização do teste será definido usando os interruptores 4 a 7 do DIP-switch 'SW1', que estabelecem o valor da entrada **TIME**. Os quatro bits desta entrada especificarão um valor entre um segundo e 10 segundos.

Os oito bits do porto de saída instalado na placa SDP16 serão utilizadas para mostrar várias informações ao utilizador, de forma individual ou combinada. O bit zero estará associado à saída **STIMULUS** que é responsável pelo controlo do estímulo visual: *ativo*, quando **STIMULUS**='1', ou *inativo*, quando **STIMULUS**='0'. A saída **RESULT** está associada aos bits um a sete do porto de saída e apresenta o resultado do teste, um número inteiro com sinal compreendido na gama  $\pm 63$ . O valor  $-64$  é utilizado para representar valores fora desta gama. Estes oito bits também serão utilizados, em conjunto, para informar que o sistema está ligado e apto para funcionar.

Finalmente, o circuito pTC [1] servirá de suporte à realização das bases de tempo necessárias ao funcionamento do sistema. O sinal de relógio aplicado a este circuito será obtido do oscilador ('OSCILLATOR') disponível na placa ATB.

## 4 Especificação do funcionamento do sistema

O sistema deve cumprir o seguinte modo de funcionamento:

1. No arranque do sistema deverá garantir-se que a saída **STIMULUS** fica ativa, a saída **RESULT** apresenta o valor **0x7F** e a entrada **USER** está inativa (**USER='0'**).
2. Após esta etapa de iniciação, o estabelecimento do valor lógico '1' na entrada **USER** espoleta a realização de um novo teste de medição de tempo de reação, o que resulta na afixação do valor zero na saída **RESULT** e na definição do tempo de estímulo para o teste.
3. Na primeira etapa do teste, a saída **STIMULUS** deverá manter-se ativa durante o tempo de estímulo. Caso a entrada **USER** seja desativada antes de se cumprir a totalidade do tempo de estímulo, o teste é abortado e o sistema retorna à etapa de preparação descrita no ponto 1.
4. Na etapa seguinte do teste, a saída **STIMULUS** é desativada e o sistema fica a aguardar pela desativação da entrada **USER**, contabilizando o tempo que medeia entre ambos os eventos.
5. Na última etapa do teste, o resultado do teste é afixado na saída **RESULT** por cinco segundos. Decorrido esse tempo, o sistema retorna à etapa de preparação descrita no ponto 1.

## 5 Questões para serem respondidas no relatório

1. Apresente a solução adotada para ligar o circuito pTC à placa SDP16.
2. Explique os cálculos realizados para determinar as temporizações envolvidas neste trabalho.
3. Indique, justificando, a latência máxima do sistema no atendimento dos pedidos de interrupção gerados pelo circuito pTC.
4. Indique, justificando, quanto tempo demora, no pior caso, a execução da rotina utilizada para o atendimento da interrupção externa.

## 6 Avaliação

O trabalho deve ser realizado em grupo e conta para o processo de avaliação da unidade curricular.

**A data limite para a entrega do programa desenvolvido por cada grupo é nove de junho de 2023.** Esta entrega é feita na plataforma Moodle e consiste na submissão do ficheiro **.S** do programa e do correspondente ficheiro **.lst**.

A apresentação da solução desenvolvida por cada grupo decorre em sessão de laboratório, em momento a combinar com o docente responsável pela leção das aulas teórico-práticas da respetiva turma. **A data limite para a realização da apresentação é 16 de junho de 2023.**

**O relatório do trabalho deverá ser entregue até ao dia 18 de junho de 2023**, também na plataforma Moodle, e desse documento deve constar:

- Uma descrição dos elementos relevantes para a compreensão do trabalho realizado;
- As respostas às perguntas formuladas no enunciado, descrevendo, sucintamente, os raciocínios e os cálculos efetuados;
- As conclusões sobre o trabalho realizado;
- A listagem do programa realizado, devidamente indentada e sucintamente comentada.

## Referências

- [1] Dias, Tiago: *Pico Timer/Counter (pTC) - Product Datasheet*. ISEL - IPL, Lisboa, Portugal, v1.1.2 edição, junho 2021. [https://iselpt.sharepoint.com/:b:/s/acp/EWKEvPT1h0lBm0hGE0VEA3wBPIAUlNy-v9f2geKRv1\\_9nQ?e=yvJtit](https://iselpt.sharepoint.com/:b:/s/acp/EWKEvPT1h0lBm0hGE0VEA3wBPIAUlNy-v9f2geKRv1_9nQ?e=yvJtit) (Acedido em 20-05-2023).
- [2] Kosinski, Robert J: *A literature review on reaction time*. Clemson University, 10(1):337-344, 2008.
- [3] Paraíso, José e Tiago Dias: *Manual de Utilização da Placa de Desenvolvimento SDP16*. ISEL - IPL, Lisboa, Portugal, março 2023. <https://iselpt.sharepoint.com/:b:/s/acp/Ed9PGY5JKnJESf3rDV2skuIBzBYv4IBaUSR8Y2Ky0tgT4g?e=BimvLN> (Acedido em 20-05-2023).